

## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>5</sup> : H05G 1/08, 1/24, H01J 35/22, H05G 2/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 94/23552 (43) Date de publication internationale: 13 octobre 1994 (13.10.94)
---	----	---

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR94/00349

(22) Date de dépôt international: 29 mars 1994 (29.03.94)

(30) Données relatives à la priorité:  
93/03670 30 mars 1993 (30.03.93) FR(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR];  
15, quai Anatole-France, F-75700 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): POUVESLE, Jean-Michel [FR/FR]; 15, rue des Mauvignons, F-45750 Saint-Pryve-Saint-Mesmin (FR). CACHONCINLE, Christophe [FR/FR]; 2 bis, rue des Bons-Enfants, F-45000 Orléans (FR). VILADROSA, Raymond

(74) Mandataire: BREVATOME; 25, rue de Ponthieu, F-75008 Paris (FR).

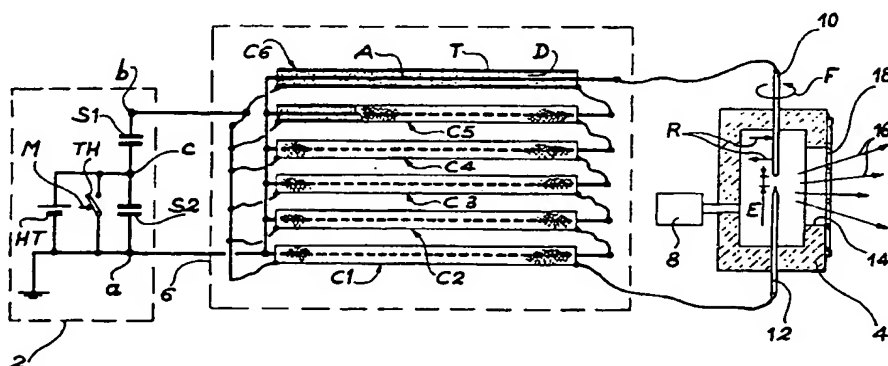
(81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: PULSE MODE X RAY GENERATOR

(54) Titre: GENERATEUR IMPULSIONNEL DE RAYONS X



## (57) Abstract

Pulse mode X ray generator comprising a high tension source (HT), an X ray emitting head (4) capable of producing X rays when it receives an electrical pulse, a plurality of power cables (C1 to C6) disposed between the source and the head, means (S1, S2) for storing the electrical energy supplied by the source and means (TH) for releasing the electrical energy that has accumulated in the storage means and triggering the pulse which is then transferred to the head through the power cables. The power cables are wound into spirals and are connected in parallel to storage means and connected in series to the head. Applications in science, medicine and industry.

(57) Abrégé

Il comprend une source de haute tension (HT), une tête (4) émettrice de rayons X, qui est capable de produire des rayons X lorsqu'elle reçoit une impulsion électrique, une pluralité de lignes électriques (C1 à C6) qui sont comprises entre la source et la tête, des moyens (S1, S2) de stockage de l'énergie électrique fournie par la source et des moyens (TH) pour libérer l'énergie électrique accumulée dans les moyens de stockage et déclencher l'impulsion qui est alors transférée à la tête par l'intermédiaire des lignes. Ces lignes sont enroulées et sont, d'un côté, connectées en parallèle aux moyens de stockage et, de l'autre côté, connectées en série à la tête. Applications scientifiques, médicales et industrielles.

*UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION*

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	GB	Royaume-Uni	MR	Mauritanie
AU	Australie	GE	Géorgie	MW	Malawi
BB	Barbade	GN	Guinée	NE	Niger
BE	Belgique	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	HU	Hongrie	NO	Norvège
BG	Bulgarie	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	IT	Italie	PL	Pologne
BR	Brésil	JP	Japon	PT	Portugal
BY	Bélarus	KE	Kenya	RO	Roumanie
CA	Canada	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CF	République centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CG	Congo	KR	République de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KZ	Kazakhstan	SI	Slovénie
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CN	Chine	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LV	Lettonie	TG	Togo
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DE	Allemagne	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
DK	Danemark	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	US	Etats-Unis d'Amérique
FI	Finlande	MN	Mongolie	UZ	Ouzbékistan
FR	France			VN	Viet Nam
GA	Gabon				

## GENERATEUR IMPULSIONNEL DE RAYONS X

## DESCRIPTION

La présente invention concerne un  
5 générateur impulsionnel de rayons X.

Ses applications sont scientifiques,  
industrielles et médicales comme par exemple la  
cristallographie, la radiographie, la stérilisation.

On connaît déjà un générateur impulsionnel  
10 de rayons X par le document suivant :

US-A-5,044,004 (Collins et al.), intitulé  
"Flash X-Ray Apparatus".

15 Ce générateur connu comprend un ensemble de  
Blumleins montés entre une source de haute tension,  
associée à un thyatron, et une tête émettrice de  
rayons X.

Cependant, ces Blumleins sont des lignes  
20 électriques qui sont rectilignes et rigides et qui ont  
une grande longueur, d'où un générateur encombrant dont  
la tête émettrice de rayons X est peu ou pas mobile.

La présente invention résout le problème de  
la conception d'un générateur impulsionnel de rayons X  
25 susceptible d'être bien moins encombrant que ce  
générateur connu.

Pour résoudre ce problème, le générateur  
impulsionnel de rayons X objet de la présente  
invention, comprenant :

- 30 - une source de haute tension,  
- une tête émettrice de rayons X, qui est capable de  
produire des rayons X lorsqu'elle reçoit une  
impulsion électrique, et  
- une pluralité de lignes électriques qui sont  
35 comprises entre la source de haute tension et la tête

émettrice de rayons X, chaque ligne électrique comprenant un premier conducteur électrique et un deuxième conducteur électrique qui sont séparés par un diélectrique,

5 est caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- des moyens de stockage de l'énergie électrique fournie par la source de haute tension, et
- des moyens de déclenchement qui sont prévus pour libérer l'énergie électrique accumulée dans les

10 moyens de stockage et déclencher l'impulsion électrique qui est alors transférée à la tête émettrice de rayons X par l'intermédiaire des lignes électriques,

et en ce que ces lignes électriques sont enroulées et  
15 sont, d'un côté, connectées en parallèle aux moyens de stockage de l'énergie électrique et, de l'autre côté, connectées en série à la tête émettrice de rayons X.

Le générateur objet de l'invention est susceptible d'émettre, sur des temps très courts  
20 (équivalents à la longueur de l'impulsion), un rayonnement X beaucoup plus intense que celui qui est émis par les générateurs classiques généralement utilisés dans les laboratoires et dans l'Industrie.

De plus, l'utilisation de lignes  
25 électriques enroulées permet la réalisation d'un générateur de faibles dimensions, que l'on peut poser sur une table et qui peut être transporté par une seule personne.

De préférence, les lignes électriques du  
30 générateur objet de l'invention ont toutes la même longueur, pour obtenir un bon facteur de surtension.

Le générateur objet de l'invention peut comprendre en outre une pluralité de support parallèles et électriquement isolants, qui sont placés les uns à  
35 côté des autres et respectivement associés aux lignes

électriques enroulées, chaque support comprenant une gorge, dans laquelle la ligne électrique correspondante est enroulée.

5 Afin de réduire l'effet Corona, le générateur objet de l'invention comprend, également, de préférence, des moyens prévus pour presser les supports les uns contre les autres.

10 Pour réduire encore plus cet effet Corona, les lignes sont de préférence enrobées, dans les gorges, d'une matière électriquement isolante.

Chaque ligne peut être enroulée en spirale ou en double spirale.

15 De préférence, chaque ligne est un câble coaxial souple, les premier et deuxième conducteurs électriques de cette ligne étant respectivement constitués par l'âme et la tresse de ce câble coaxial.

De tels câbles coaxiaux souples sont commercialement disponibles, ce qui simplifie la fabrication du générateur objet de l'invention.

20 Selon un mode de réalisation particulier du générateur objet de l'invention, chaque ligne est un câble coaxial souple enroulé en spirale, les premier et deuxième conducteurs électriques de cette ligne étant respectivement constitués par l'âme et la tresse de ce  
25 câble coaxial, l'enroulement en spirale de chaque câble se fait en se rapprochant du centre du support correspondant et les supports sont percés dans leur partie centrale, pour permettre le passage des câbles, à partie du côté où ces câbles sont connectés aux  
30 moyens de stockage d'énergie électrique, vers les supports qui leur correspondent respectivement.

De préférence, une partie des câbles coaxiaux souples qui sont reliés à la tête émettrice de rayons X est laissée libre pour permettre la mobilité

de cette tête émettrice par rapport au reste du générateur.

On facilite ainsi la mise en oeuvre du générateur objet de l'invention.

5 La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- 10 - la figure 1 montre un schéma électrique d'un générateur conforme à l'invention,  
- la figure 2 est une vue schématique de plaques électriquement isolantes, portant des câbles coaxiaux souples enroulés en spirale qui sont utilisables dans  
15 un générateur conforme à l'invention,  
- la figure 3 montre un assemblage de ces plaques,  
- la figure 4 est une vue schématique d'une plaque électriquement isolante, portant un câble coaxial souple qui est enroulé en double spirale et qui est  
20 utilisable dans un autre générateur conforme à l'invention, et  
- la figure 5 est une vue schématique d'une variante de réalisation de la tête émettrice du générateur objet de l'invention.

25 Le générateur impulsionnel de rayons X, qui est schématiquement représenté sur la figure 1, comprend des moyens 2 prévus pour former des impulsions électriques, une tête 4 émettrice de rayons X et un générateur à câbles 6 qui relie les moyens 2 à la tête  
30 4.

Ces moyens 2 prévus pour fournir des impulsions électriques comprennent :

- une source de haute tension HT,

- deux condensateurs de stockage S1 et S2 prévus pour stocker l'énergie électrique fournie par la source de haute tension HT, et
- des moyens de déclenchement TH qui sont prévus pour libérer l'énergie électrique accumulée dans les condensateurs de stockage et déclencher une impulsion électrique, ces moyens de déclenchement TH étant commandés par des moyens symbolisés par une flèche M sur la figure 1.

Comme on le voit sur la figure 1, les condensateurs de stockage S1 et S2 sont montés en série, le condensateur S2 est monté entre les bornes de la source de haute tension HT et les moyens de déclenchement TH sont également montés entre ces bornes de la source de haute tension HT.

Cette source HT peut être une source de haute tension constante ou une source de haute tension impulsionnelle (auquel cas l'impulsion électrique, à l'entrée du générateur à câbles, est déclenchée lorsque la charge des condensateurs S1 et S2 atteint une valeur souhaitée).

A titre purement indicatif et nullement limitatif, on utilise une source de haute tension qui peut varier entre 0 et 40 kV et qui est capable de recharger les condensateurs S1 et S2 à des fréquences pouvant varier entre 0,1 Hz et 1 kHz, suivant la configuration désirée.

Les condensateurs S1 et S2 peuvent être des condensateurs discrets encore appelés "capacités-boutons", ou peuvent être des lignes planes ou encore des câbles coaxiaux.

Les moyens de déclenchement TH comprennent un seul déclencheur rapide, pour haute tension, comme par exemple un thyatron ou un éclateur ("sparkgap") ou un déclencheur connu sous le nom "pseudo-spark", ou

encore un éclateur rotatif, ce qui diminue les pertes en énergie et augmente le rendement.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, on utilise des moyens de déclenchement qui  
5 sont capables de fonctionner entre 0,1 Hz et 1 kHz.

La tête 4 émettrice de rayons X est étanche et faite d'un matériau électriquement isolant comme, par exemple, le verre, la céramique, le Plexiglas (marque déposée), un polycarbonate, le polychlorure de  
10 vinyle ou le polysulfone.

Si nécessaire, cette tête émettrice 4 peut être enveloppée d'une fine enveloppe d'absorption des rayons X, qui peut être en plomb.

Des moyens de pompage 8 communiquent de  
15 façon étanche avec l'intérieur de la tête émettrice 4 afin d'y faire le vide.

On précise à ce propos que la durée d'une impulsion de rayons X, obtenue comme on l'indiquera par la suite, est fonction de la pression résiduelle à  
20 l'intérieur de la tête émettrice 4.

Cette tête émettrice 4 est munie d'une anode 10 et d'une cathode 12 qui sont placées en regard l'une de l'autre dans la tête émettrice 4 et qui traversent les parois de celles-ci par des passages  
25 étanches.

C'est entre l'anode et la cathode qu'ont lieu les décharges électriques conduisant à la formation des rayons X.

La tête émettrice 4 est pourvue d'un  
30 orifice 14 en regard de l'espace entre l'anode et la cathode, pour permettre la sortie du rayonnement X référencé 16.

Cet orifice 14 est fermé de façon étanche à l'aide d'une mince paroi 18 étanche et faite d'un  
35 matériau transparent aux rayons X engendrés.



La nature du matériau constitutif de l'anode détermine le spectre du rayonnement X émis par cette anode ainsi que le rayonnement de freinage des électrons émis par la cathode, dont il sera question plus loin.

Pour la cathode on choisit un matériau apte à fournir facilement des électrons comme par exemple le cuivre ou le graphite et, pour l'anode, on peut choisir un matériau constitutif métallique comme par exemple le cuivre, le molybdène, le tungstène ou l'argent.

La position relative de l'anode et de la cathode détermine la forme du lobe d'émission des rayons X et la répartition spatiale de ces rayons X.

L'écartement E entre l'anode et la cathode peut être rendu réglable.

L'anode 10 peut être rendue tournante en la munissant d'un moyen de rotation symbolisé par la flèche F de la figure 1.

De plus cette anode 10 peut être munie de moyens R de refroidissement par circulation d'un fluide approprié.

Le générateur à câbles 6 comprend au moins deux lignes électriques de préférence constituées par des câbles coaxiaux souples (qui sont au nombre de six dans l'exemple représenté sur la figure 1 et portent respectivement les références C1, C2, C3, C4, C5 et C6).

Chaque câble coaxial comprend un premier conducteur électrique A appelé "âme" et un deuxième conducteur électrique T appelé "tresse" qui entoure l'âme A et en est séparé par un diélectrique D.

De plus, la tresse de chaque câble est entourée par une enveloppe électriquement isolante non représentée.

Ces câbles coaxiaux souples sont connectés en parallèle aux moyens de production d'impulsions électriques 2 et connectés en série à la tête émettrice.

5 Plus précisément, du côté des moyens de production d'impulsions électriques 2, les extrémités des âmes des câbles coaxiaux sont électriquement reliées les unes aux autres ainsi qu'à la borne a du condensateur S2.

10 De ce même côté, les tresses des câbles coaxiaux sont électriquement reliées les unes aux autres ainsi qu'à la borne b du condensateur S1, la borne commune aux condensateurs S1 et S2 portant la référence c, comme on le voit sur la figure 1.

15 De l'autre côté du générateur à câbles 6, c'est-à-dire du côté de la tête émettrice 4, l'extrémité de l'âme du câble coaxial C6 est électriquement reliée à l'anode 10 tandis que l'extrémité de la tresse du câble coaxial C1 est  
20 électriquement reliée à la cathode 12 et l'extrémité de la tresse du câble coaxial C6 est électriquement reliée à l'extrémité de l'âme du câble coaxial C5 tandis que l'extrémité de la tresse de ce câble coaxial C5 est  
25 coaxial C4 ... et l'extrémité de la tresse du câble coaxial C2 est électriquement reliée à l'extrémité de l'âme du câble coaxial C1.

L'utilisation d'un tel générateur à câbles  
6 permet d'obtenir des décharges électriques  
30 extrêmement rapides et de très haute tension (de quelques kV à 240 kV dans l'exemple représenté), la durée des impulsions étant inférieure à 25 ns.

Le déclencheur TH permet de libérer l'énergie électrique stockée dans les condensateurs S1

et S2 et de transférer une partie de cette énergie électrique vers le générateur à câbles 6.

5 Ce générateur à câbles 6 permet la multiplication de la tension électrique de l'impulsion fournie par les moyens 2, le facteur multiplicatif étant fonction du nombre de câbles coaxiaux souples.

10 Dans l'exemple représenté, avec six câbles coaxiaux et une tension de 10 kV à l'entrée du générateur à câbles, on obtient une tension de 60 kV entre l'anode et la cathode de la tête émettrice de rayons X.

On obtiendrait une tension de 80 kV en utilisant huit câbles coaxiaux et la même tension d'entrée de 10 kV, ou encore en utilisant six câbles  
15 coaxiaux mais une tension d'entrée de 13,3 kV.

Sous l'effet de l'impulsion électrique de haute tension qui arrive à la tête émettrice 4, des électrons sont émis très rapidement par la cathode 12 (sous forme d'impulsions dont la durée est de l'ordre  
20 de 10 ns à 25 ns suivant la pression résiduelle dans la tête émettrice 4) et sont freinés en arrivant sur l'anode 10.

Il y a alors émission de raies X caractéristiques du matériau constitutif de l'anode 10 et émission d'un rayonnement X de freinage (Bremstrahlung).  
25

Les figures 2 et 3 illustrent la disposition des câbles coaxiaux C1 à C6.

30 Ces câbles coaxiaux C1 à C6 sont respectivement montés sur des plaques P1 à P6 électriquement isolantes (par exemple en polychlorure de vinyle).

Plus précisément, chaque câble coaxial souple est enroulé sur la plaque qui lui est associée.

Dans l'exemple représenté, chaque câble coaxial est enroulé en spirale dans une gorge G (figure 3) prévue à cet effet sur une face de la plaque correspondante.

5 Les plaques P1 à P6 sont empilées de la plaque P1 à la plaque P6, comme on le voit sur la figure 3 qui est une vue de dessus de l'empilement obtenu.

10 Les faces des plaques portant les gorges G en spirale sont toutes tournées du même côté de l'empilement.

De plus, une plaque protectrice P7 électriquement isolante, par exemple en polychlorure de vinyle, est disposée en regard de la face de la plaque 15 P1 portant la gorge en spirale correspondante.

Les plaques P1 à P7 sont pressées les unes contre les autres (pour qu'il n'y ait pas d'air entre elles, ce qui limite l'effet Corona), grâce à des moyens appropriés qui, dans l'exemple représenté sur la 20 figure 3, sont des tiges filetées électriquement isolantes 20, par exemple en polychlorure de vinyle, qui traversent des trous 21 alignés des plaques P1 à P6, l'extrémité de chaque tige située du côté de la plaque P6 étant munie d'une tête 22 qui appuie contre 25 cette plaque P6 tandis que l'autre extrémité de chaque tige filetée est munie d'un écrou 23 qui vient serrer les plaques les unes contre les autres par l'intermédiaire d'une rondelle 24 électriquement isolante comme le sont l'écrou 23 et la tête 22.

30 Pour réduire encore plus le rayonnement Corona et améliorer le rendement du générateur, les câbles coaxiaux sont enrobés, dans leurs gorges respectives, par une pâte P électriquement isolante, par exemple en silicone.

Du côté des connexions en parallèle des câbles coaxiaux souples, connexions qui sont symbolisées par les pointillés CP de la figure 3, l'arrivée des câbles coaxiaux souples jusqu'à leurs  
5 plaques respectives est réalisée au travers d'orifices formés dans la partie centrale des plaques P1 à P6.

Comme on le voit sur la figure 3, les six câbles arrivent de leur connexions en parallèle, vers la face de la plaque P6 qui ne porte pas de gorge.

10 On le voit sur la figure 2 que la plaque P1 comporte un orifice O1, la plaque P2 comporte deux orifices O1 et O2, ..., et la plaque P6 comporte six orifices O1 à O6.

Les orifices portant la même référence sont  
15 alignés et tous les orifices sont situés sur un même cylindre de révolution dont on aperçoit la trace circulaire 26 en pointillé sur chacune des plaques.

La distance entre deux trous adjacents est la même pour chacune des plaques.

20 Les câbles coaxiaux arrivent à l'assemblage des plaques vers la partie centrale de cet assemblage et le développement en spirale de chaque câble a lieu en s'écartant du centre de la plaque correspondante comme on le voit sur la figure 2.

25 Ainsi, le câble C1 traverse les six ouvertures O1 pour s'enrouler en spirale sur la plaque P1, le câble C2 traverse les cinq ouvertures O2 pour s'enrouler sur la plaque P2, ..., et le câble C6 traverse l'ouverture O6 pour s'enrouler sur la plaque  
30 P6.

Afin d'obtenir un bon facteur de surtension et des impulsions de rayonnements X de faible durée, les câbles coaxiaux souples ont tous la même longueur.

Pour ce faire, compte tenu des épaisseurs  
35 différentes de l'assemblage de plaques que les câbles

C1 à C6 ont à traverser, la longueur de la portion de spirale la plus proche du centre d'une plaque est calculée en fonction de l'épaisseur de l'assemblage à traverser pour le câble correspondant.

5           La figure 2 illustre ceci : on voit que cette portion va en augmentant du câble C1 au câble C6 de sorte qu'il reste une plus grande longueur pour le câble C1, permettant à ce câble C1 de traverser l'assemblage, que pour le câble C6 qui est le plus  
10 proche des connexions en parallèle des câbles coaxiaux.

Comme on l'a vu, les autres extrémités des câbles coaxiaux sont connectées en série, ce qui est symbolisé par les pointillés CS de la figure 3.

15 Du côté de cette connexion en série, une partie de chaque enroulement peut être laissée libre, la souplesse qui en résulte permettant une mobilité exceptionnelle de la tête 4 émettrice de rayons X.

On précise qu'il faut prévoir une épaisseur suffisante de matériau isolant entre les câbles adjacents et entre les tours adjacents de la spirale de  
20 chaque câble pour ne pas avoir de claquage électrique lors du fonctionnement du générateur.

Pour une même puissance électrique consommée de 3W, le générateur qui a été décrit en  
25 faisant référence aux figures 1 à 3 conduit à un temps d'exposition de 20 ns alors qu'un générateur classique (tube X classique) nécessite un temps d'exposition de 6 s, pour la même dose de rayonnement X reçu à la même distance.

30 Dans une variante de réalisation, schématiquement illustrée par la figure 4, chacun des câbles coaxiaux souples, tels que le câble C1, est enroulé en double spirale telle que représentée sur la figure 4, dans une gorge prévue à cet effet sur une  
35 face de la plaque correspondante.

Ainsi, les deux extrémités du câble aboutissent à deux côtés opposés de la plaque et les connexions électriques entre les câbles se font comme on l'a expliqué en faisant référence à la figure 1, ce  
5 qui est plus simple avec de tels enroulements en double spirale qu'avec des enroulements en spirale tels que représentés sur la figure 2.

On peut également réaliser la double spirale pour faire aboutir les deux extrémités du câble  
10 souple d'un même côté de la plaque comme on l'a indiqué en pointillés sur la figure 4.

La figure 5 est une vue schématique d'un autre mode de réalisation de la tête émettrice de rayons X.

15 La tête émettrice de la figure 5 présente une symétrie de révolution autour d'un axe Z et comprend une anode annulaire 10 pourvue d'un perçage suivant l'axe Z ainsi qu'une cathode 12 de forme allongée suivant l'axe Z et terminée par une pointe en  
20 regard du perçage de l'anode.

La cathode 12 est réglable en translation suivant l'axe Z dans une pièce 28 filetée intérieurement, la cathode comportant un filetage externe correspondant.

25 Cette pièce 28 est logée dans un tube 30 électriquement isolant d'axe X dont une extrémité est fermée par un épaulement externe de la pièce 28 tandis que l'autre extrémité du tube 30 est fermée par l'anode 10.

30 Du côté de celle-ci, la tête émettrice est prolongée par une pièce tubulaire 32 d'axe X électriquement conductrice, qui est en contact avec l'anode et fermée de façon étanche par une mince paroi 18 transparente aux rayons X engendrés et qui délimite  
35 une zone communiquant avec des moyens de pompe 8

permettant de faire le vide dans la tête émettrice, les pièces 28 et 32 comportant des joints d'étanchéité 34 pour le maintien du vide.

On voit aussi sur la figure 5, des conducteurs électriques 36 grâce auxquels l'anode et la cathode sont reliées au générateur à câbles 6.

L'ensemble du générateur conforme à l'invention, qui a été décrit en faisant référence aux figures 1 à 5, est réductible à une taille et un poids qui sont compatibles avec une utilisation en générateur portable.



## REVENDEICATIONS

1. Générateur impulsionnel de rayons X, ce générateur comprenant :

- une source de haute tension (HT),
- 5 - une tête (4) émettrice de rayons X, qui est capable de produire des rayons X lorsqu'elle reçoit une impulsion électrique, et
- une pluralité de lignes électriques (C1 à C6) qui sont comprises entre la source de haute tension et la
- 10 tête émettrice de rayons X, chaque ligne électrique comprenant un premier conducteur électrique (A) et un deuxième conducteur électrique (T) qui sont séparés par un diélectrique (D),

ce générateur étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- des moyens (S1, S2) de stockage de l'énergie électrique fournie par la source de haute tension (HT), et
- des moyens (TH) de déclenchement qui sont prévus pour
- 20 libérer l'énergie électrique accumulée dans les moyens de stockage (S1, S2) et déclencher l'impulsion électrique qui est alors transférée à la tête (4) émettrice de rayons X par l'intermédiaire des lignes électriques (C1 à C6),
- 25 et en ce que ces lignes électriques sont enroulées et sont d'un côté, connectées en parallèle aux moyens (S1, S2) de stockage de l'énergie électrique et, de l'autre côté, connectées en série à la tête (4) émettrice de rayons X.

30 2. Générateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les lignes électriques (C1 à C6) ont toutes la même longueur.

3. Générateur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend

35 en outre une pluralité de supports (P1 à P6) parallèles

et électriquement isolants, qui sont placés les uns à côté des autres et respectivement associés aux lignes électriques enroulées (C1 à C6), chaque support comprenant une gorge (G) dans laquelle la ligne  
5 électrique correspondante est enroulée.

4. Générateur selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens (20, 22, 23, 24) prévus pour presser les supports (P1 à P6) les uns contre les autres.

10 5. Générateur selon l'une quelconque des revendications 4 et 5, caractérisé en ce que, dans les gorges (G), les lignes sont enrobées d'une matière (P) électriquement isolante.

15 6. Générateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que chaque ligne (C1 à C6) est enroulée en spirale.

7. Générateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que chaque ligne (C1 à C6) est enroulée en double spirale.

20 8. Générateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que chaque ligne est un câble coaxial souple (C1 à C6), les premier et deuxième conducteurs électriques de cette ligne étant respectivement constitués par l'âme (A) et la tresse (T) de ce câble coaxial.  
25

9. Générateur selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que chaque ligne (C1 à C6) est enroulée en spirale, en ce que chaque ligne est un câble coaxial souple, les premier  
30 et deuxième conducteurs électriques de cette ligne étant respectivement constitués par l'âme (A) et la tresse (T) de ce câble coaxial, en ce que l'enroulement en spirale de chaque câble se fait en se rapprochant du centre du support (P1 à P6) correspondant et en ce que  
35 les supports sont percés dans leur partie centrale,

pour permettre le passage des câbles, à partir du côté où ces câbles sont connectés aux moyens (S1, S2) de stockage d'énergie électrique, vers les supports (P1 à P6) qui leur correspondent respectivement.

- 5                    10. Générateur selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, caractérisé en ce qu'une partie des câbles coaxiaux souples qui sont reliés à la tête (4) émettrice de rayons X est laissée libre pour permettre la mobilité de cette tête émettrice par
- 10 rapport au reste du générateur.

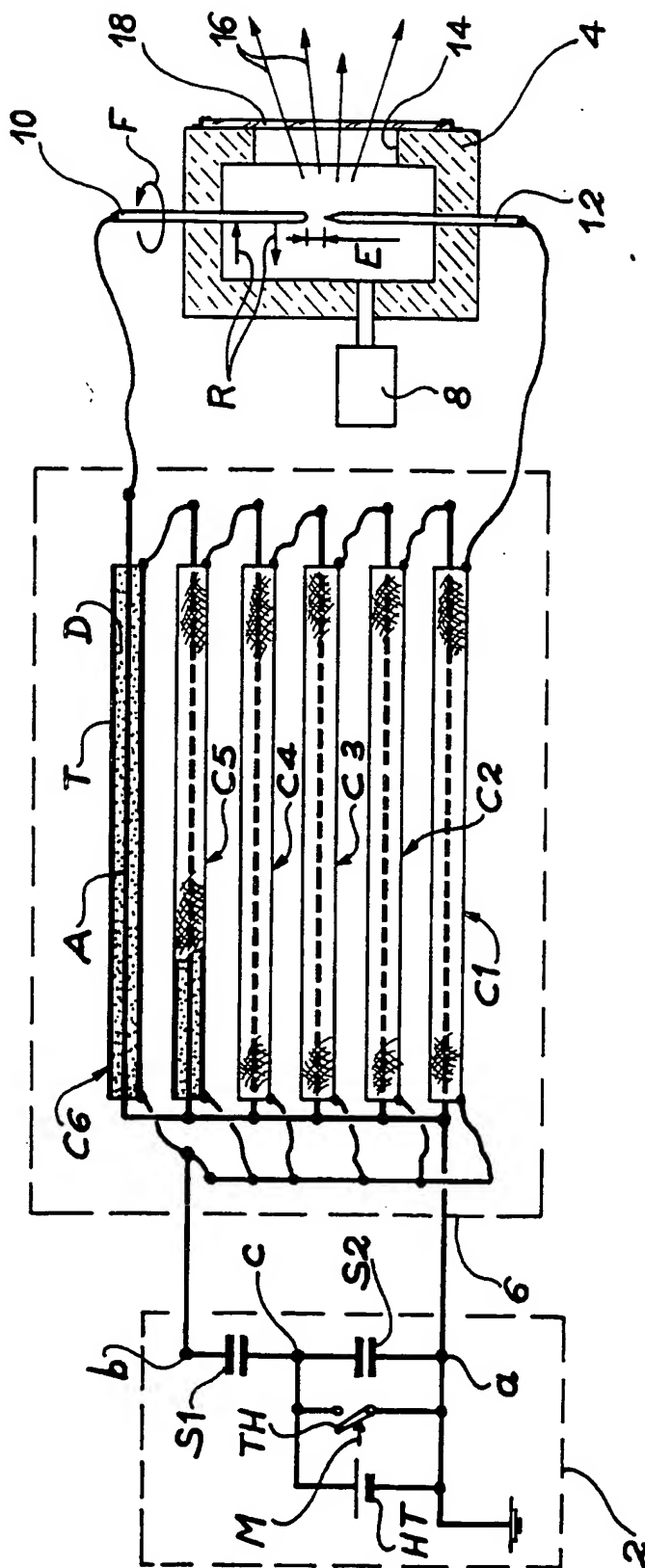


FIG.1

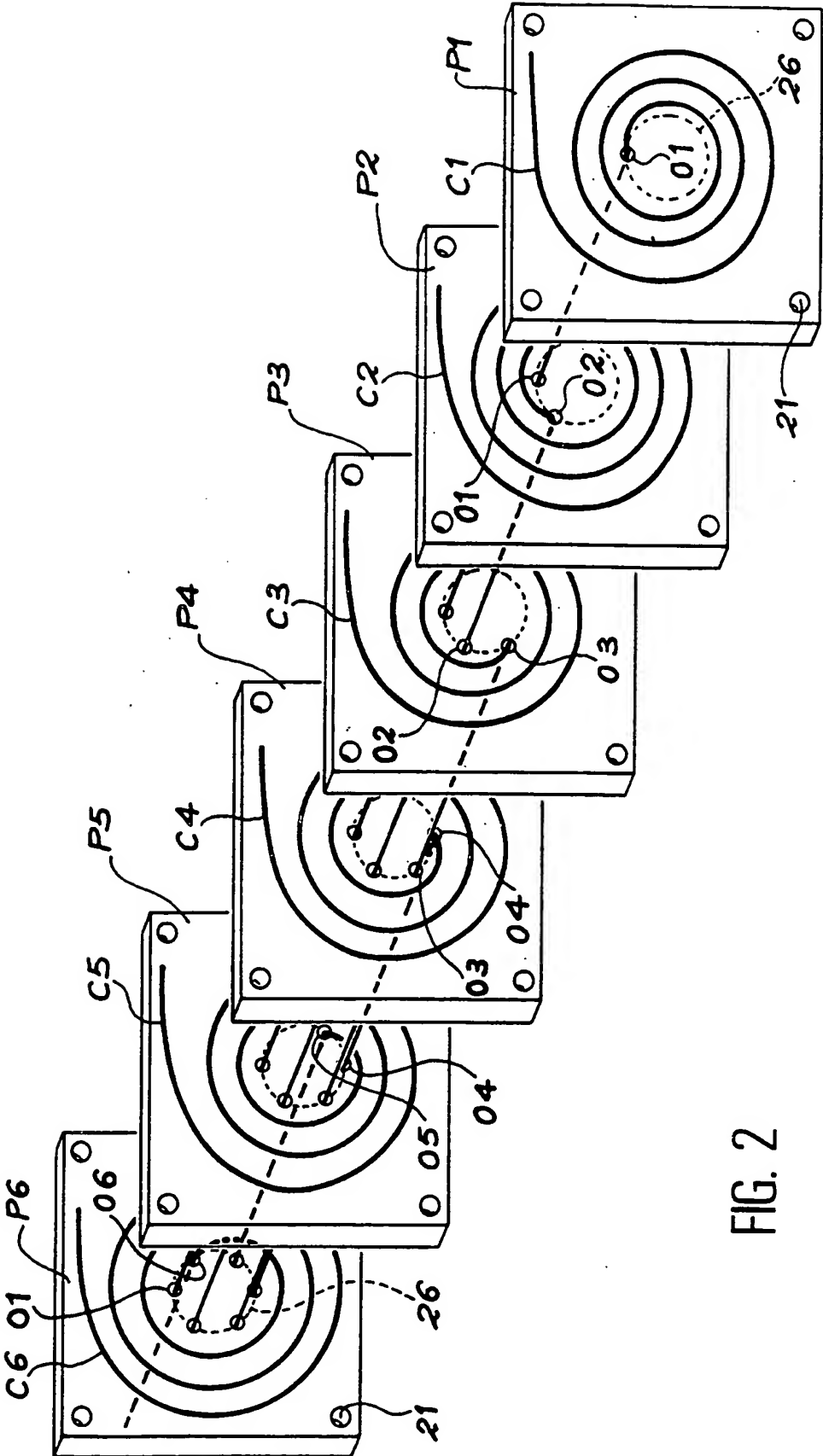
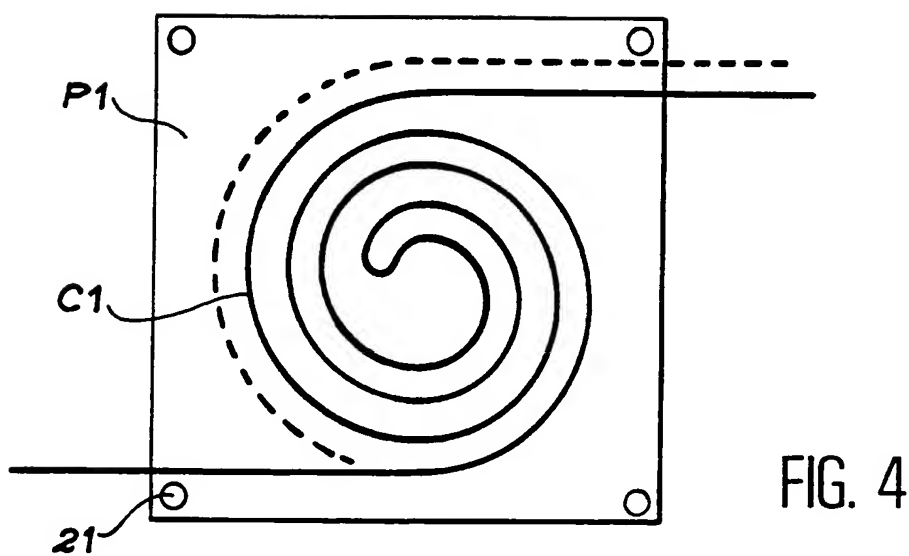
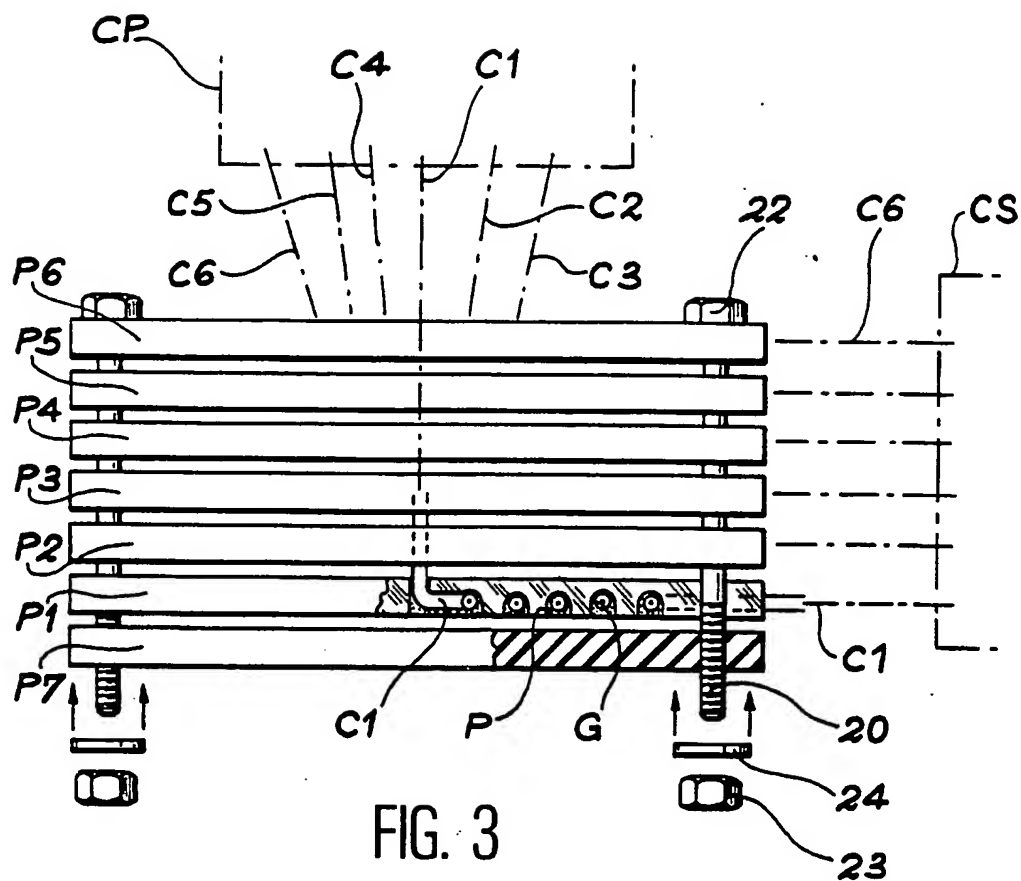


FIG. 2



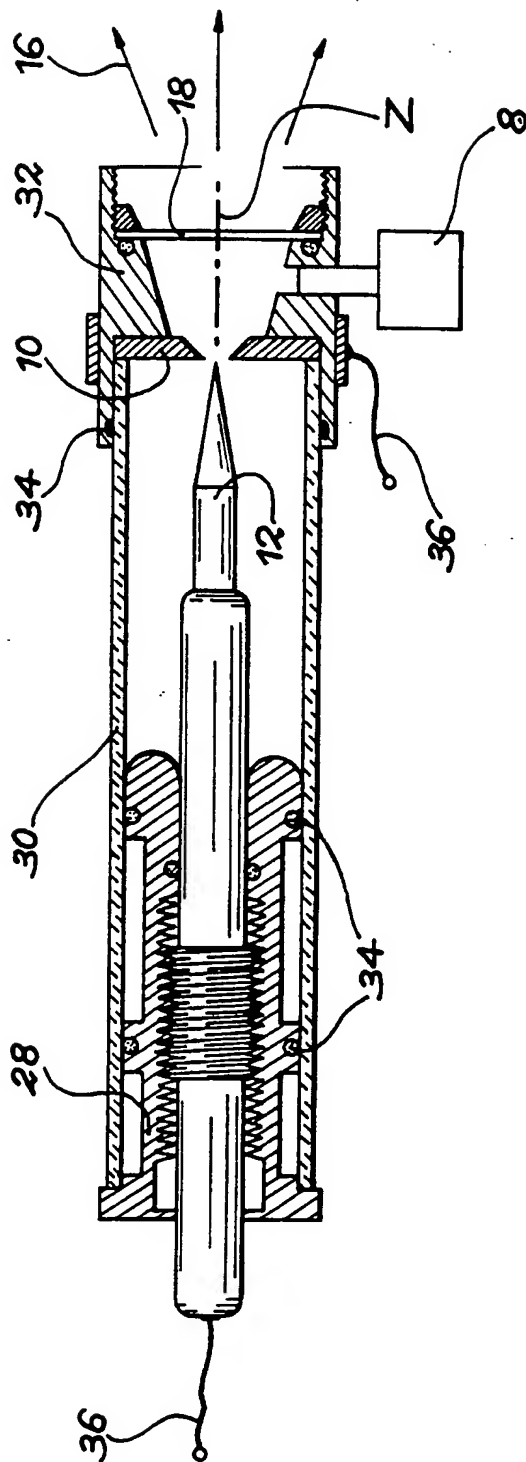


FIG. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Internat'l Application No  
 /FR 94/00349

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 5 H05G1/08 H05G1/24 H01J35/22 H05G2/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 5 H05G H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	APPLIED PHYSICS LETTERS., vol.52, no.5, 1 February 1988, NEW YORK US pages 354 - 355 P. KREHL 'PULSE COMPRESSION EFFECT IN A LASER-DRIVEN FLASH X-RAY TUBE' see the whole document ---	1,2
A	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS., vol.61, no.5, 1 May 1990, NEW YORK US pages 1448 - 1456 J.J. COOGAN ET AL. 'PRODUCTION OF HIGH-ENERGY PHOTONS FROM FLASH X-RAY SOURCES POWERED BY STACKED BLUMLEIN GENERATORS' see the whole document --- -/--	1,3

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*I\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 June 1994

Date of mailing of the international search report

15.06.94

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Horak, G



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

FR 94/00349

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS., vol.59, no.10, 1 October 1988, NEW YORK US pages 2260 - 2264 F. DAVANLOO ET AL. 'FLASH X-RAY SOURCE EXCITED BY STACKED BLUMLEIN GENERATORS' see the whole document ---	1,3
A	GB,A,2 109 987 (BUTLER-NEWTON INC.) 8 June 1983 see page 7, line 24 - line 123; figures 6,7 ---	1,2
A	US,A,3 681 604 (D.L. CRISWELL ET AL.) 1 August 1972 see column 1, line 24 - column 2, line 22 see column 4, line 21 - line 68; figures 3,4 ---	1,6,7
A	FR,A,2 198 316 (THE BENDIX CORPORATION) 29 March 1974 see page 5, line 9 - page 7, line 40; figure ---	1,6
A	US,A,4 070 579 (J.L.D. BREWSTER) 24 January 1978 see column 1, line 51 - column 2, line 52; figure 1 ---	1
A	US,A,4 578 805 (J.S. PEARLMAN ET AL.) 25 March 1986 see column 1, line 10 - column 2, line 20 -----	1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

/FR 94/00349

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A-2109987	08-06-83	US-A- 4289969	15-09-81
		CA-A- 1130932	31-08-82
		DE-A- 2927811	31-01-80
		FR-A- 2431236	08-02-80
		GB-A, B 2025729	23-01-80
		GB-A, B 2109626	02-06-83
		JP-C- 1502905	28-06-89
		JP-A- 55011000	25-01-80
		JP-B- 63051695	14-10-88
		NL-A- 7905342	14-01-80
US-A-3681604	01-08-72	AU-B- 449835	20-06-74
		AU-A- 3121471	18-01-73
		DE-A, B 2132879	24-02-72
		FR-A- 2100124	17-03-72
		GB-A- 1296657	15-11-72
		NL-A- 7110980	21-02-72
FR-A-2198316	29-03-74	AU-A- 5928273	20-02-75
		DE-A- 2340215	14-03-74
		JP-A- 49067125	28-06-74
		NL-A- 7311616	04-03-74
US-A-4070579	24-01-78	GB-A- 1572567	30-07-80
		JP-A- 53024796	07-03-78
US-A-4578805	25-03-86	NONE	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
**FR 94/00349**

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 5    H05G1/08    H05G1/24    H01J35/22    H05G2/00		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 5    H05G    H01J		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	APPLIED PHYSICS LETTERS., vol.52, no.5, 1 Février 1988, NEW YORK US pages 354 - 355 P. KREHL 'PULSE COMPRESSION EFFECT IN A LASER-DRIVEN FLASH X-RAY TUBE' voir le document en entier ---	1,2
A	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS., vol.61, no.5, 1 Mai 1990, NEW YORK US pages 1448 - 1456 J.J. COOGAN ET AL. 'PRODUCTION OF HIGH-ENERGY PHOTONS FROM FLASH X-RAY SOURCES POWERED BY STACKED BLUMLEIN GENERATORS' voir le document en entier --- <div style="text-align: right;">-/--</div>	1,3
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</span> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>* "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>* "I" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>* "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>* "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>* "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>* "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>* "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>* "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>* "&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">7 Juin 1994</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">15.06.94</div>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Horak, G</div>

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Donnée internationale No  
FR 94/00349

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS., vol.59, no.10, 1 Octobre 1988, NEW YORK US pages 2260 - 2264 F. DAVANLOO ET AL. 'FLASH X-RAY SOURCE EXCITED BY STACKED BLUMLEIN GENERATORS' voir le document en entier ---</p>	1,3
A	<p>GB,A,2 109 987 (BUTLER-NEWTON INC.) 8 Juin 1983 voir page 7, ligne 24 - ligne 123; figures 6,7 ---</p>	1,2
A	<p>US,A,3 681 604 (D.L. CRISWELL ET AL.) 1 Août 1972 voir colonne 1, ligne 24 - colonne 2, ligne 22 voir colonne 4, ligne 21 - ligne 68; figures 3,4 ---</p>	1,6,7
A	<p>FR,A,2 198 316 (THE BENDIX CORPORATION) 29 Mars 1974 voir page 5, ligne 9 - page 7, ligne 40; figure ---</p>	1,6
A	<p>US,A,4 070 579 (J.L.D. BREWSTER) 24 Janvier 1978 voir colonne 1, ligne 51 - colonne 2, ligne 52; figure 1 ---</p>	1
A	<p>US,A,4 578 805 (J.S. PEARLMAN ET AL.) 25 Mars 1986 voir colonne 1, ligne 10 - colonne 2, ligne 20 -----</p>	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

FR 94/00349

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB-A-2109987	08-06-83	US-A- 4289969	15-09-81
		CA-A- 1130932	31-08-82
		DE-A- 2927811	31-01-80
		FR-A- 2431236	08-02-80
		GB-A, B 2025729	23-01-80
		GB-A, B 2109626	02-06-83
		JP-C- 1502905	28-06-89
		JP-A- 55011000	25-01-80
		JP-B- 63051695	14-10-88
		NL-A- 7905342	14-01-80
US-A-3681604	01-08-72	AU-B- 449835	20-06-74
		AU-A- 3121471	18-01-73
		DE-A, B 2132879	24-02-72
		FR-A- 2100124	17-03-72
		GB-A- 1296657	15-11-72
		NL-A- 7110980	21-02-72
FR-A-2198316	29-03-74	AU-A- 5928273	20-02-75
		DE-A- 2340215	14-03-74
		JP-A- 49067125	28-06-74
		NL-A- 7311616	04-03-74
US-A-4070579	24-01-78	GB-A- 1572567	30-07-80
		JP-A- 53024796	07-03-78
US-A-4578805	25-03-86	AUCUN	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**